Ciência e Tecnologia no Brasil: Uma Nova Política para um Mundo Global

UMA VISÃO ATUAL DA QUÍMICA NO BRASIL

José M. Riveros
Instituto de Química, Universidade de São Paulo

Este trabalho faz parte de um estudo realizado pela Escola de Administração de Empresas da Fundação Getúlio Vargas por solicitação do Ministério da Ciência e Tecnologia e do Banco Mundial, dentro do Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (PADCT II). As opiniões expressas neste texto são de responsabilidade exclusiva do autor.

Novembro de 1993

Sumário

1. INTRODUÇÃO

A Química é uma ciência que desempenha um papel expressivo na atividade econômica do Brasil e no padrão de vida da sua população. A sua contribuição é marcante no parque industrial do país numa gama ampla e diversificada de setores tais como a petroquímica, a indústria farmacêutica, de tintas, de borrachas, plásticos, a indústria de alimentos, papel, couro, defensivos agrícolas e fertilizantes, a indústria têxtil, e óleos e combustíveis.

A função histórica da Química como ciência foi vista como dirigida para a transformação de matérias primas básicas (petróleo, carvão mineral, extratos de plantas, minérios, gás natural, etc.) em produtos finais de utilidade prática. As transformações químicas são decorrentes de processos desenvolvidos em escalas que podem ser desde bancadas de laboratório até plantas pilotos e unidades de grande porte. A grande inovação surgida na Química dos tempos atuais surge da importância crescente do domínio das técnicas de preparação, ou fabricação, de produtos químicos de elevado valor agregado, produzidos geralmente em pequena escala, e que podem funcionar como intermediários de produtos finais considerados quimicamente nobres e altamente cobiçados. Esta evolução traz embutida nela uma transformação substancial de tecnologia e de métodos com relação à abordagem dos produtos da indústria química pesada, considerados hoje como “commodities”. Um segundo fator importante na visualização do papel da Química na vida moderna tem sido o despertar de uma consciência na sociedade sobre a importância de conciliar a fabricação e uso de produtos químicos e de recursos naturais com a preservação do meio ambiente e das condições de vida da população.

A Química reúne hoje um conjunto de disciplinas afins com forte interdependência entre elas que não sempre obedecem uma separação nítida. Entretanto, a compartimentalização da Química é visível no Brasil no ensino superior universitário e técnico, seguindo uma visão histórica aceita globalmente conforme as modalidades: a) a Química como ciência básica; b) a Engenharia Química, orientada principalmente para estudos de processos industriais e com forte preocupação na formação de profissionais; c) a Química Farmacêutica, orientada para o treinamento de especialistas em áreas como análises clínicas e de alimentos, e atuante na área de fármacos; d) a Química Técnica ou Tecnológica, orientada para a formação de técnicos em especialidades industriais definidas (papel, couro, têxtil,etc.); e f) a Bioquímica, cuja origem no Brasil se remonta freqüentemente às Faculdades de Medicina ou às Faculdades de Farmácia, e que hoje recebe forte contribuição da Biologia Molecular e se projeta a passos agigantados através da Biotecnologia. A artificialidade desta separação é freqüentemente visível na prática devido a interdisciplinaridade que caracteriza a ciência e a tecnologia levando a equívocos naquilo que se espera de cada especialidade.

Ao contrário de outras ciências básicas, a Química ostenta uma dualidade importante na sua atuação, como ciência e como tecnologia, e no desenvolvimento de uma nação. Esta condição é sem dúvida responsável pela dificuldade encontrada no Brasil, especialmente a nível empresarial, em estabelecer uma visão clara entre o papel reservado para a pesquisa a nível de ciência básica, com aquele vinculado diretamente com atividades de P e D e as eventuais aplicações obtidas destas iniciativas no setor industrial. O modelo de industrialização acelerada adotado pelo Brasil nos anos 60, marcado pela importação maciça de tecnologia, acentuou a dicotomia entre ciência e tecnologia, e as barreiras para a interação entre o setor acadêmico e o setor industrial. A percepção de que a evolução da Química implica num aperfeiçoamento do modelo industrial adotado inicialmente catalisou a formulação de políticas governamentais de apoio genérico como no caso da Química Fina. As dificuldades de comunicação entre o setor acadêmico e o setor industrial no caso específico da Química Fina, e a própria definição do que se entende sob este conceito, talvez sejam os melhores exemplos da complexidade do papel da Química no Brasil.

A avaliação do estado da arte da Química no Brasil descrita neste documento reflete principalmente a situação no setor acadêmico, responsável pela geração e disseminação dos conhecimentos na área, e pela formação das gerações futuras do país. Esta avaliação é necessariamente qualitativa já que pretende analisar de maneira crítica a situação dos programas desenvolvidos nas Universidades e nos Institutos de Pesquisa a partir dos dados que constam dos relatórios dos programas de Pós-Graduação enviados ao CNPq e a CAPES, e as tendências apontadas e sugeridas pelas próprios agências de apoio.

2. BREVE RETROSPECTIVA HISTÓRICA

O desenvolvimento da Química como ciência básica tem sido considerado como um objetivo altamente prioritário no Brasil durante os últimos 35 anos por diversos órgãos governamentais, por agências de financiamento à pesquisa nacionais, e por organizações internacionais. De um lado, o crescimento do parque industrial do país criou uma demanda de pessoal qualificado para o desenvolvimento, adaptação, e controle de processos e tecnologias, para os quais o país não reunia uma infraestrutura moderna adequada. Por outra parte, a criação de uma indústria química nacional de base e a importância do desenvolvimento de tecnologias de ponta para o futuro do país constituiram uma forte motivação e um estímulo para a capacitação nacional em Química. Estes fatores induziram linhas de atuação e ações específicas para a Química além dos programas de fomento comuns às diversas áreas do conhecimento. Apesar destas iniciativas específicas na área da Química, normalmente atreladas aos Programas de Pós-Graduação no país, a Química recebeu um apoio em volume de recursos muito inferior ao da Física dentro do CNPq e da FINEP.

A situação atual da área de Química no Brasil espelha as ações estratégicas desencadeadas pelas diversas agências de fomento nacionais e estaduais. Alguns dos programas específicos promoveram um avanço importante da Química neste período e em alguns casos tiveram um efeito marcante. Por exemplo, em 1969 o CNPq lançou um programa ambicioso de colaboração internacional com a National Academy of Sciences dos Estados Unidos, orientado especificamente para a área de Química, com objetivos amplos de produzir um salto qualitativo em áreas de pesquisa consideradas de vanguarda na época. Pretendeu-se abrir novos horizontes na Química do Brasil e criar um modelo da infraestrutura necessária para programas de pesquisa relevantes para as necessidades futuras do país. Este programa se efetivou com a participação de cientistas norteamericanos de renome, associados à instituições de grande prestígio como o Instituto Tecnológico de California e a Universidade de Stanford, de pesquisadores estrangeiros jovens formados nestas universidades, e de um investimento importante em equipamentos e insumos. Esta iniciativa concentrou-se num número reduzido de grupos de pesquisa localizados em São Paulo e no Rio de Janeiro e encerrou-se em 1977. Este programa, dirigido para pesquisa básica, visava o treinamento de alunos de pós-graduação em linhas de pesquisa inexistentes ou pouco desenvolvidas no país e permitia um contato freqüente com grupos de pesquisa do mais alto nível internacional. A própria formulação do programa refletia a convicção de que a Química no Brasil se encontrava num nível inferior, e em descompasso com a realidade internacional, quando comparada com outras ciências básicas no Brasil, como a Física, a Matemática ou as Ciências Biológicas. Esta iniciativa do CNPq atingiu resultados modestos no número total de alunos de pós-graduação treinados coincidindo com a época do início da Pós-Graduação formal no país. Este programa acabou também sendo menos visível numericamente na sua fase final devido a consolidação da infraestrutura e a expansão de diversos centros e grupos de pesquisa, sem vínculo com o programa NAS-CNPq, obtida através da implantação dos auxílios de apoio institucional do BNDE e posteriormente assumidos pela FINEP. Contudo, dois marcos importantes foram estabelecidos por este programa. Em primeiro lugar, a abertura de áreas de pesquisa em Síntese Orgânica, Mecanismos de Reações Inorgânicas, Fotoquímica e Físico-Química teve um efeito multiplicador expressivo quando medido pela extensão da influência que estas linhas de pesquisa e os seus participantes nacionais e estrangeiros acabaram tendo no país. De fato, houve até uma absorção de talentos, já que vários dos jovens pesquisadores estrangeiros vindos através deste programa optaram por permanecer no país. Em segundo lugar, houve uma injeção importante de qualidade. Alguns dos grupos participantes desenvolveram pesquisa de nível excelente a partir das pesquisas iniciadas durante a vigência deste programa, ou decorrentes das linhas apoiadas pelo mesmo. Diversos trabalhos resultaram em publicações em revistas altamente conceituadas a nível internacional, e vários destes trabalhos ostentam índices de

citações na literatura entre os mais elevados para pesquisadores brasileiros em Química.

No início da década de 80, o CNPq contemplou a possibilidade da criação de um Instituto de Pesquisas Químicas, à semelhança dos outros Institutos do CNPq. O estudo tinha uma vez mais como objetivo proporcionar um programa acelerado em Química. Pretendia amparar programas de pesquisa básica mas privilegiando tópicos específicos considerados como prioritários para o Brasil, e que manifestamente apresentavam quase que carência total tais como Alcoolquímica, Carboquímica, Catálise, etc,. Esta proposta foi finalmente transformada num programa a nível nacional de apoio específico a Química e Engenharia Química, que ficou conhecido como PRONAQ. Este programa proporcionou um apoio importante à infraestrutura de bibliotecas, e beneficiou de maneira expressiva a manutenção de equipamentos e a disponibilidade de reagentes químicos para os grupos de pesquisa do país. Criou também linhas de fomento para a capacitação de recursos humanos nas áreas identificadas como prioritárias para o país. Este programa foi eventualmente desativado com o início do PADCT.

Mais recentemente, a implantação do PADCT privilegiou a Química e Engenharia Química com parcela significativa de recursos orçamentários para os primeiros 5 anos. Um incentivo adicional originou-se da série de sub-programas de apoio à infraestrutura criado dentro do PADCT com impacto direto na Química (Manutenção, Insumos, Instrumentação, Informação). A mecânica introduzida pelo PADCT representou uma mudança filosófica em relação aos programas anteriores da FINEP e do CNPq, e pretendeu estimular atividades fins e atividades meios para o universo de instituições de pesquisa no país utilizando critérios competitivos para julgar propostas induzidas por editais específicos. Entretanto, o PADCT não tentou estabelecer prioridades com relação a linhas de pesquisas, na esperança de atuar apenas em função da qualidade e exeqüibilidade das propostas. Os efeitos deste programa ainda são de avaliação difícil pela lentidão na liberação da contrapartida nacional e na importação de equipamentos. Contudo, o PADCT permitiu uma renovação na instrumentação de grande porte e na instalação de Centrais Analíticas modernas, no apoio aos programas de pós-graduação, e em menor escala aos de graduação. As bibliotecas de Química tiveram um aporte importante do PADCT e a Engenharia Química teve quase que pela primeira vez uma oportunidade de se aparelhar com instrumental moderno

O cenário da Química nacional também foi mudado com a criação da Sociedade Brasileira de Química em 1977. Embora a origem tenha sido das mais modestas, a SBQ congrega atualmente um número expressivo de químicos que atuam principalmente na área básica. A participação da SBQ no panorama nacional se tornou particularmente importante a partir da década de 80 e atualmente desempenha uma voz representativa da Química como ciência básica tendo sob a sua responsabilidade a edição de periódicos que encontram grande aceitação na comunidade científica do país. A atuação da SBQ tem sido importante na elaboração de propostas visando o desenvolvimento básico da Química a curto, médio e longo prazo e na realização de congressos nacionais com participação expressiva dos químicos do país. Nos últimos anos, a Associação Brasileira de Química (ABQ) também tem também demonstrado uma vitalidade renovada nos seus Congressos e na sua vocação de atuar na interface entre a Química acadêmica e o setor industrial no país.

A Engenharia Química teve como marco importante a criação da COPPE no Rio de Janeiro, que conseguiu estabelecer um programa de pós-graduação de qualidade e inédito no país. Por sua vez, a Escola Nacional de Química do Rio de Janeiro teve uma contribuição importante na formação de químicos industriais que constituiram o alicerce da indústria química nacional. A Engenharia Química teve um fortalecimento expressivo através do PRONAQ e do PADCT e cresceu de maneira visível a partir da criação de vários centros de pós-graduação no Estado de São Paulo.

3. ÁREAS DE ATUAÇÃO DA QUÍMICA NO BRASIL

Uma descrição pormenorizada das linhas de pesquisa em Química existentes nas Universidades brasileiras e nos Institutos de Pesquisa foi recentemente relatada num estudo realizado por Seidl [1] para a FINEP. Este estudo inclui uma análise da distribuição geográfica das linhas de pesquisa e constitui uma atualização importante das linhas apontadas no último documento de Avaliação e Perspectivas para a área de Química publicado em 1982 [2].

A pesquisa e o desenvolvimento da Química Básica tem sido classificada historicamente ao longo de 4 grandes áreas (excluindo a Bioquímica): Química Analítica, Química Inorgânica, Química Orgânica e Físico-Química. Esta divisão é reconhecidamente artificial devido a interdisciplinaridade crescente de novas linhas de pesquisa em Química e dos seus objetivos. Contudo, esta classificação é ainda usada de maneira formal na análise global dos dados dos Cursos de Pós-Graduação e serve para identificar algumas das linhas principais no Brasil.

Uma descrição sucinta das características desta área é feita à continuação com ênfase nas especialidades que já atingiram um grau de desenvolvimento visível no país.

Química Analítica

A Química Analítica no Brasil caracterizou-se até recentemente por uma visão muito clássica de sua função e muito restrita no seu escopo. De fato, esta área identificou-se principalmente com o desenvolvimento de técnicas de caracterização de substâncias inorgânicas por vias químicas. Esta abordagem tradicional, que deve ser considerada como obsoleta, persiste lamentavelmente e de maneira acentuada, no ensino de graduação em grande número de instituições brasileiras não obstante os imensos desafios que existem na Química e que exigem cada vez mais soluções criativas de Química Analítica. A nível de Pós-Graduação observa-se um enfoque mais afinado com a realidade atual atraindo inclusive um número apreciável de profissionais atuando no meio industrial.

Uma das peculiaridades desta área é a baixa representatividade geográfica, já que apenas na Bahia (UFBa), no Rio de Janeiro (PUC), Brasília (UNB), Minas Gerais (UFMG) e São Paulo (diversos campi da USP, UNICAMP, UNESP, UFSCar) há atividades de pesquisa acadêmica. Entretanto, há também grande atividade analítica em centros de apoio como o IPT, o CEPED da Bahia, ou em centros especializados como o IPEN em São Paulo, CENPES e IRD/CNEN no Rio de Janeiro, ou em empresas de controle ambiental e saneamento básico como a CETESB. Uma atividade analítica intensa é também desenvolvida nas empresas do setor químico especialmente no que se refere a controle de qualidade de produtos.

A maior concentração de pesquisa acadêmica em Química Analítica no Brasil ocorre na aplicação das diversas técnicas eletroanalíticas. Aqui se incluem técnicas como polarografia, potenciometria e voltametria cíclica e os aspectos mais recentes visando o desenvolvimento de eletrodos seletivos. Embora a maioria das técnicas tradicionais estejam atreladas a caracterização de espécies inorgânicas, a pesquisa de eletrodos seletivos, incluindo aqui os de enzimas, encontra um crescimento visível nas Universidades.

A introdução de técnicas de injeção de fluxo pelo grupo da ESALQ de Piracicaba merece destaque especial. Este grupo criou um “know-how” próprio que se reflete atualmente numa fase de expansão, utilização e desenvolvimento em outros centros do país. Esta técnica vem sendo empregada inclusive em problemas importantes como o monitoramento praticamente “in situ” de alumínio presente no aço nacional.

Várias outras linhas de trabalho merecem ser mencionadas mesmo se o número de grupos envolvidos é pequeno. Assim, as técnicas de absorção atômica e de emissão atômica por plasma tem tido um crescimento rápido na PUC (Rio), USP-São Paulo e na ESALQ. Estas técnicas despertam grande interesse em indústrias químicas e metalúrgicas que inclusive contam com instrumentação para este fim. Uma situação semelhante pode ser encontrada no caso das técnicas termoanalíticas que vem sendo usadas principalmente na USP e na UNESP e que são freqüentemente empregadas nos laboratórios associados às indústrias. O uso de técnicas radioquímicas para fins analíticos (por exemplo ativação por nêutrons no IPEN) está limitado a centros que possuem facilidades para lidar com material radioativo ou que possuem um reator para geração de nêutrons. Técnicas de separação, mormente aquelas envolvendo diversas formas de cromatografia também tiveram um crescimento importante nos últimos dez anos embora o desenvolvimento das mesmas esteja restrito a poucos centros.

A Química Ambiental cresceu no país com a preocupação mundial sobre a preservação do meio ambiente sendo que alguns dos problemas são locais para o Brasil. Um componente essencial neste campo é o monitoramento de espécies químicas presentes na atmosfera como conseqüência da poluição urbana. Entretanto, os efeitos da chuva ácida e estudos relacionados com a contaminação das bacias hidrográficas do Brasil também constituem áreas de pesquisa iniciadas nos últimos anos. Diversas técnicas tem sido introduzidas para os estudos na Química Ambiental e vários dos grupos de pesquisa tem se beneficiado de programas de colaboração internacional e de organizações mundiais. Neste contexto, o Brasil representa um laboratório extremamente diversificado para a Química Ambiental.

Finalmente, cabe mencionar o início da Quimiometria na UNICAMP, que representa um método muito útil para reconhecimento de padrões através da análise matemática de dados analíticos. Finalmente, é possível observar resultados incipientes obtidos pelos grupos dedicados a automação analítica.

A evolução e o progresso em Química Analítica devem ser considerados como muito lentos quando comparados com outras áreas da Química no que se refere a tópicos, metodologia, e distribuição geográfica. É uma área que se caracteriza ainda por uma baixa densidade de pesquisadores e que tem sido identificada como de baixa produtividade em publicações a nível internacional. Considerando que a Química Analítica abrange atualmente um universo muito extenso com a participação de químicos de formação diversa, há claramente uma séria deficiência no Brasil neste campo. Por exemplo, não há quase nenhuma atividade em espectrometria de massa e todas as suas inovações para fins analíticos, nas técnicas de caracterização de superfícies e no desenvolvimento de metodologias multielementos para determinações analíticas. Assim, não é surpreendente que a contribuição de pesquisadores brasileiros na revista mais categorizada da área, Analytical Chemistry, tenha sido essencialmente nula nos últimos anos.

Química Orgânica.

A Química Orgânica representa a maior área da Química no Brasil em termos de número de pesquisadores e de distribuição geográfica. Esta tendência é semelhante àquela encontrada na maioria dos países industrializados. Três grandes linhas podem ser identificadas no Brasil, enquanto que outras como Fotoquímica tem que ser consideradas como fortemente interdisciplinar. Dentre as especialidades da Química Orgânica, a Química de Produtos Naturais ocupa um papel histórico importante no desenvolvimento da pesquisa no Brasil e reúne um número expressivo de pesquisadores. Esta área desempenha também um papel de grande importância para o país.

A área conhecida no Brasil como **Produtos Naturais** teve por objetivo principal o estudo, caracterização e isolamento das substâncias químicas presentes em plantas, e em menor escala nas espécies de origem animal ou marinho. A riqueza e variedade da flora brasileira, e a preocupação com a biodiversidade nas atividades humanas futuras fazem da floresta brasileira um laboratório natural para estas atividades. No sentido mais amplo, a química de produtos naturais inclui desde o isolamento de substâncias em micro-escala até a obtenção de produtos usados em escala industrial. Por exemplo, a importância dos óleos essenciais já transcendeu de longa data o ambiente puramente acadêmico pelas suas aplicações no campo alimentício, nas fragrâncias e nos produtos farmacêuticos, e continua sendo uma área de atividade relevante na região amazónica.

Nos países considerados altamente desenvolvidos, a maioria dos quais não possui uma riqueza botânica comparável à brasileira, a área de Produtos Naturais é considerada como um ponto de referência para a síntese em laboratório de produtos naturais e para a possibilidade de introduzir modificações estruturais nestas moléculas de maneira a produzir substâncias com atividade biológica específica através de técnicas de biossíntese e biotecnologia. A metodologia necessária para pesquisas de fôlego nesta área e num plano mais ambicioso requer atualmente equipes multidisciplinares integrada por químicos, botânicos, biólogos e farmacólogos, e definição clara dos objetivos visados já que as opções de estudos são enormes. Atividades importantes na área de produtos naturais se encontram espalhadas geograficamente pelo Brasil: no Norte (notadamente no INPA e na UFPa), no Nordeste (UFCe e UFPb) e no Sudeste (UFRJ, UFRRJ, UFMG, UFF, UFSCar, UNICAMP e USP). Deve ser considerada por este motivo como uma área com representatividade em todas as regiões do país, havendo apenas grandes diferenças em termos de infraestrutura e número de pesquisadores nos diversos locais. Um programa para esta área, apoiada em recursos analíticos sofisticados, requer na prática de laboratórios atuando como verdadeiros Institutos de Pesquisa, Departamentos, ou Laboratórios Especiais.

Uma preocupação importante no campo de Produtos Naturais tem sido a avaliação farmacológica das substâncias obtidas após a etapa de separação e isolamento. O progresso tem sido lento nesta direção no Brasil, conforme já fora apontado em documentos anteriores [2], apesar de que o eventual aproveitamento das substâncias obtidas seja usado como uma das justificativas principais para este tipo de pesquisa.

É uma área que tradicionalmente tem originado grande número de publicações em revistas especializadas de Produtos Naturais, e em grande número de dissertações de mestrado e teses de doutoramento. A ênfase em anos recentes tem se concentrado em certas famílias botânicas responsáveis por uma química bastante rica na área de terpenos. Paralelamente, surgiram tendências interessantes nesta área como o uso de produtos naturais no controle de pragas, e a sistematização da evolução química e botânica de famílias da flora brasileira num trabalho integrado de química e botânica. Cresce também em alguns casos, e até de maneira preocupante, a simples caracterização química dos componentes encontrados em plantas brasileiras sem uma justificativa definida sobre o eventual interesse destes sistemas.

As técnicas de separação dos componentes químicos estão bem difundidas no país, envolvendo freqüentemente um trabalho penoso para a obtenção de quantias suficientes para análise e eventuais transformações químicas posteriores. O grande obstáculo da Química de Produtos Naturais no país foi tradicionalmente atribuído a carência de instrumental adequado para as análises, mormente Ressonância Magnética Nuclear, Cromatografia Líquida de Alta Pressão, Espectrometria de Massa, e em menor escala Cristalografia de Raios-X, obrigando no passado a busca de associações no exterior para este fim. A remessa de plantas e de amostras ao exterior já foi objeto de discussões até de caráter emocional na comunidade de produtos naturais.

Os últimos 5 anos testemunharam uma renovação substancial do parque instrumental de vários laboratórios, especialmente na região Sudeste. Certamente, as condições devem ser consideradas favoráveis em RMN e Cromatografia Líquida em diversos centros do Brasil, e as perspectivas da instalação de um RMN de 500 MHz, se bem aproveitado, irá beneficiar de maneira imediata esta área. A mesma situação não ocorre no caso da espectrometria de massa. Conforme já apontado no relato sobre a Química Analítica, há uma enorme escassez de especialistas para realizar e interpretar experiências avançadas com estas técnicas, e a quase maioria dos instrumentos em funcionamento são utilizados apenas para análises rotineiros.

A área de **Síntese Orgânica** tem tido uma evolução importante no Brasil nos últimos 20 anos. Diversos grupos surgiram durante este tempo com destaque para a região Centro-Oeste (UNB) e Sudeste (UFRJ, UFSCar, UNICAMP e USP). Existe atualmente uma base sólida no país que permite afirmar ser esta uma área de grande potencial no Brasil. Embora a realização de uma síntese total no país seja ainda uma meta a ser obtida, rotas e metodologias estão sendo estabelecidas por pesquisadores nacionais. No último Encontro Brasileiro de Síntese Orgânica, realizado em Campinas em setembro de 1992, reunindo cientistas de renome internacional, constatou-se claramente a evolução em qualidade desta área no Brasil.

Embora haja uma diferença entre o conceito de síntese e de preparações orgânicas, o crescimento da área de síntese também representou um avanço importante a nível local na capacitação para preparações de substâncias e intermediários químicos, muitos dos quais são de interesse direto para a Química Fina. O uso de reagentes especiais para este fim, de métodos fotoquímicos e eletroquímicos se encontra bem difundido em diversos grupos.

A área de síntese é altamente dependente da disponibilidade de reagentes específicos. Devido as dificuldades associadas com mecanismos de importação rápida, os pesquisadores tem sido obrigados a efetuar compras programadas para manter um estoque enorme de reagentes e garantir a continuidade de trabalhos. Contudo, este problema constitui um entrave comum para os trabalhos nesta área.

Várias das características apontadas para Produtos Naturais são também válidas no caso de Sínteses. A demanda por instrumental de análise sofisticado (RMN, espectrometria de massa, análise elementar) é grande e essencial para o sucesso nesta área. Outrossim, o uso de inteligência artificial para detalhar as etapas ou os caminhos mais apropriados a serem seguidos numa determinada síntese ainda não está desenvolvida no país.

A terceira grande área é a de **Físico-Química Orgânica**. Esta é uma área de definição mais difusa já que congrega assuntos diversos como espectroscopia aplicada a sistemas orgânicos, cinética e mecanismo de reações, fenômenos interfaciais em soluções de detergentes e fotoquímica. Vários destes assuntos se encaixam pela sua própria natureza na Físico-Química. É uma área de excelente produtividade no Brasil com destaque especial na região Sudeste do país (USP, Universidade Federal de Santa Catarina). Uma especialidade que atingiu um nível particularmente elevado envolve aspectos diversos da físico-química de micelas e tensoativos. Há muita atividade na área de velocidade e catálise de reações nestes meios e no uso destes sistemas como modelos de membranas. Foram formulados modelos teóricos para explicar a troca de íons fase micelar, e trabalhos tem sido realizados sobre fotoquímica em soluções micelares, e fenômenos de química coloidal. Um indicador expressivo do sucesso e do desenvolvimento deste campo é o número de colaborações nacionais e internacionais existente entre os grupos, e o fato de ter sido uma das áreas escolhidas recentemente como tópico de "workshop" entre pesquisadores do Brasil e dos Estados Unidos em decorrência de uma iniciativa a nível presidencial.

O uso de técnicas espectroscópicas para fins de análise conformacional e o uso de mecânica molecular também se encontra em franca evolução no país.

Físico-Química

A Físico-Química é a área que teve o maior crescimento relativo no Brasil e a maior diversidade. A definição desta área é muito ampla e abrange projetos desenvolvidos em Departamentos de Física até alguns na área de Biofísica e Bioquímica. Algumas das especialidades mais importantes podem ser resumidas nas seguintes categorias:

Espectroscopia. Há uma apreciável atividade em espectroscopia vibracional, eletrônica e de impacto de elétrons no Brasil com destaque especialmente a grupos no Estado de São Paulo, no Recife e no Rio de Janeiro. Nestas áreas existe uma tradição estabelecida e laboratórios com infraestrutura razoável para este tipo de estudos. Em vários casos, e até por motivos históricos associados com a origem dos grupos, existe forte interação com físicos. O uso de lasers em vários destes laboratórios tem permitido maior poder de resolução nas experiências e o início da espectroscopia com resolução temporal com interesse direto na área de fotofísica. A pesar da espectroscopia ser uma área com reconhecida competência no país, as técnicas mais recentes de espectroscopia de laser de alta resolução, ou aquela em feixes supersônicos, ainda não se encontram desenvolvidas.

Química Teórica. Esta área teve um crescimento rápido considerando que 20 anos atrás a Química Teórica era essencialmente inexistente no país. Esta área está essencialmente restrita a químicos e físicos computacionais. A comunidade de Químicos Teóricos, incluindo alguns físicos, no Brasil está espalhada no Estado de São Paulo, no Rio de Janeiro, Recife e Belo Horizonte. Esta comunidade tem produzido trabalhos de boa qualidade apesar das severas limitações impostas pelos recursos computacionais existentes no país até recentemente.

Eletroquímica. É a especialidade mais antiga da Físico-Química no país embora esteja atualmente fortemente concentrada em poucos lugares. A maior densidade de pesquisadores em eletroquímica se concentra na USP-São Carlos, USP-São Paulo, e UFSCar, orientados para tópicos como eletrocatálise, pilhas de combustível e geração de hidrogênio. Os outros centros importantes também se encontram na região Sudeste, e até em Institutos de Física como no caso da UNICAMP. Comparado com outras especialidades em Físico-Química, o instrumental necessário é de custo relativamente menor. As possíveis aplicações tecnológicas decorrentes da eletroquímica a tornaram uma área de interesse acentuado no país. Uma conseqüência da pesquisa em eletroquímica tem sido o crescimento de estudos associados com corrosão utilizando técnicas avançadas.

Diversas outras especialidades podem ser identificadas na Físico-Química embora estejam restritas a grupos pequenos ou quase únicos no país. A Físico-Química de colóides tem tido um bom desempenho na área de cristais líquidos e mais recentemente na evolução no estudo de sols e gels. A Termoquímica e a Termodinâmica constituem áreas de especialização com grande competência instalada embora os trabalhos de pesquisa estejam centrados quase que exclusivamente no Estado de São Paulo. A Físico-Química de Superfícies também teve um salto de qualidade muito importante mas concentrado essencialmente na Unicamp.

A Físico-Química no país ainda deve ser considerada deficitária na área de dinâmica molecular de reações do ponto de vista experimental e teórico lembrando que equipamentos para este tipo de experiência são de custo elevado mas cuja construção é capaz de gerar tecnologia de ponta. Há também pouca atividade em Físico-Química de Superfícies ao nível molecular envolvendo técnicas espectroscópicas e para o estudo da dinâmica de fenómenos que ocorrem nestas superfícies. A aplicação das novos tópicos em mecânica estatística como dinâmica molecular ainda se encontra muito incipiente.

Química Inorgânica

A Química Inorgânica é uma área que reúne um número relativamente pequeno de pesquisadores no Brasil. Considerando o crescimento da área de materiais inorgânicos, é uma área ainda muito carente. Os grupos de pesquisa de destaque podem ser agrupados conforme as seguintes linhas de trabalho.

Cinética e mecanismo de reações de complexos inorgânicos. As pesquisas tem se dirigido principalmente ao estudo de complexos de ferro, de rutênio e de cobalto com destaque recente para reações de transferência de elétron e o uso de técnicas capazes de acompanhar reações rápidas. Estes estudos foram ampliados em épocas recentes para caracterização do comportamento fotoquímico, eletroquímico e espectroscópico destes complexos. Complexos de ferro tem sido também utilizados em estudos de bio-inorgânica, uma área de enorme interesse atual e em franca expansão. Estes trabalhos encontram-se muito bem desenvolvidos na USP-São Paulo, e observa-se também atividade intensa na UNICAMP, UFRGS, UNESP, UFMG, UFSCar e USP-São Carlos e USP-Ribeirão Preto. É uma área que apesar do pequeno número de pesquisadores no Brasil atingiu prestígio internacional.

Química de Coordenação de Terras Raras. Este é um campo que foi iniciado na USP na década de 50 e no qual o Brasil tem um interesse especial pela riqueza existente em terras raras. Os grupos principais encontram-se no Estado de São Paulo e no Recife sendo que este último grupo se dedica ativamente a estudos de espectroscopia ótica destes compostos. A contribuição maior nesta área tem sido na caracterização sistemática de adutos com terras raras.

Química Organometálica. Esta é uma área que teve um enorme progresso no cenário mundial nos últimos 30 anos e que possui um interesse especial para o campo de catálise. Os esforços nesta direção ainda são muito tímidos e são poucos os grupos que se dedicam a esta especialidade havendo apenas atividade na UNICAMP, UNESP e UFRGS. É uma área que requer reforços importantes.

Química do Estado Sólido. Esta é uma especialidade recente no país, de grande interesse pela aplicação potencial na área de novos materiais e de compostos não-esteiquiométricos. Os grupos que atuam nesta área tem associação freqüente com pesquisadores da Física para fins de caracterização e utilização de novas substâncias. Esta área inclui também o estudo de vidros, e cresce o número de pesquisadores trabalhando com zeólitos e de reações nestes ambientes. É uma área em franca evolução na UNICAMP. Algumas iniciativas também existem na área de silicatos. Estudos também tem se iniciado na área de “clusters” metálicos no Estado de São Paulo mas ainda com massa crítica insuficiente. Esta especialidade foi apoiada pelo PRONAQ e também através do programa de Insumos para Microeletrônica da FINEP, e está sendo contemplada pelo novo Programa de Novos Materiais do PADCT e RHAE.

A Química Inorgânica necessita uma aumento expressivo e a curto prazo do número de pesquisadores ao longo de algumas das linhas apontadas acima. Um dos maiores entraves na parte instrumental tem sido a determinação de estruturas por difração de raios-X em monocristal já que apenas o grupo de cristalografia de São Carlos atua neste campo e não possui condições de atender a grande demanda para determinações estruturais.

Outras Áreas Importantes da Química

Várias especialidades não se enquadram rigorosamente em nenhuma destas categorias e devem ser consideradas em separado. A Radioquímica é uma área tradicional no Brasil cuja área de atuação vai além da sua atuação em Química Analítica e tem sido desenvolvida principalmente nos laboratórios ligados ao CNEN. A área de Catálise é uma área que envolve pesquisadores de Química (principalmente na parte de catálise homogénea) e de Engenharia Química (catálise heterogénea) empregando técnicas muito variadas. Grande destaque tem sido dada a esta área mas ainda o número de pesquisadores atuantes é muito pequeno. A Química Coloidal também poderia ser incluída neste ítem embora já tenha sido indicada como tendo tido um desenvolvimento importante em vários centros do país nos últimos anos.

Química Macromolecular e Polímeros. A química de polímeros desempenha um papel preponderante nas atividades econômicas a nível industrial no Brasil. Aqui se incluem aspectos básicos de substâncias que atendem a setores como plásticos, borrachas, adesivos, e tintas até aspectos relacionados com a própria engenharia de plásticos. Durante muitos anos as atividades de pesquisa acadêmica estavam praticamente restritas ao IMA da UFRJ, que inclusive se debateu com enormes dificuldades para manter o seu corpo docente perante a demanda setor produtivo por químicos desta especialidade. Um avanço importante se observa atualmente a partir de grupos de pesquisa na UNICAMP trabalhando com blendas poliméricas e com os efeitos de irradiação em polímeros. Uma outra atividade importante tem surgido na UFRGS, onde a colaboração de cientistas destacados da Alemanha, permitiu o treinamento e o início de pesquisas de bom nível neste campo. Neste caso em particular, o incentivo a química de polímeros está tendo uma conseqüência direta no Polo Petroquímico de Porto Alegre.

A Química Macromolecular também está intimamente ligada a área de novos materiais.

Fotoquímica. Esta especialidade abrange diversos grupos no Brasil. Assim, é possível identificar grupos com interesse de caráter sintético (USP, UFRJ, UNICAMP), grupos com interesse mecanístico e de reações quimiluminiscentes (USP-São Paulo e São Carlos), grupos com interesse fotofísico (UNICAMP, USP, Recife) até a fronteira com fenómenos biológicos e efeitos em macromoléculas.

Engenharia Química

O desenvolvimento da Engenharia Química a nível de pós-graduação e como geradora de conhecimentos a nível acadêmico está muito vinculado à organização da COPPE no Rio de Janeiro. O esforço concentrado da COPPE acabou catalisando a atuação de outros centros de excelência no país (USP, UNICAMP e UFSCar) e algumas instituições com potencial interessante (UFMG, Uberlândia e Minas Gerais). As áreas mais destacadas em pesquisa no Brasil se encontram em Modelagem de Processos, Catálise e Termodinâmica.

A Engenharia Química ainda está longe de ter atingido uma massa crítica suficiente e tem sido alvo de críticas pela sua baixa produtividade em publicações em periódicos. Entretanto, ela vem desempenhando um papel importante no país na criação e desenvolvimento de tecnologia.

4. AVALIAÇÃO DA INFRAESTRUTURA PARA A PESQUISA EM QUÍMICA

Qualquer tentativa de avaliação do estado de arte das diversas modalidades de Química requer uma análise da infraestrutura física disponível, da infraestrutura instrumental e do capital humano existente nos centros de pesquisa. Um levantamento recente realizado a respeito da infraestrutura existente para trabalhos de pesquisa em Química é muito revelador. Dados tabelados por Cagnin [3] revelam que na opinião dos próprios pesquisadores brasileiros as suas condições de trabalho estão longe do ideal. Baseado nas respostas de 168 pesquisadores atuantes no Brasil, o fator infraestrutura foi considerado ruim por 38,1% dos que responderam a um questionário padrão e regular por outros 38,1% do total. Apenas 21,4 % no Brasil consideraram a infraestrutura como boa, 0% como ótima e 2,4% como péssima. Das 5 grandes regiões geográficas do país, pesquisadores do Nordeste e do Sul foram os que majoritariamente consideraram a sua infraestrutura como ruim.

Evidentemente que avaliações estatísticas desta natureza refletem opiniões subjetivas de pesquisadores e não permitem conhecer detalhadamente os motivos ou as principais causas para uma conclusão objetiva. Contudo, vários aspectos podem ser considerados de maneira geral e analisados de maneira conjunta.

Um número considerável dos laboratórios existentes nas Universidades e nos Institutos de Pesquisa no Brasil devem ser considerados como simplesmente inapropriados para quase qualquer tipo de programa de pesquisa. A situação é particularmente alarmante no Nordeste (Bahia, Sergipe, Alagoas, Paraíba e até certo ponto no Ceará). Muitos dos prédios que abrigam os laboratórios possuem instalações incompatíveis com o uso previsto para eles. Problemas de ventilação e exaustão, de iluminação, de controle de temperatura nos laboratórios, de instalações elétricas e hidráulicas, são em geral crónicos até nas instituições de construção mais recentes. Os problemas associados com a rede elétrica nas Universidades são particularmente sérios decorrentes ainda da visão estereotipada que a Química se faz com tubos de ensaio e balões. Os laboratórios construídos para Química, na sua grande maioria, não foram dimensionados para abrigar instrumental moderno e de precisão. Freqüentemente, instrumentos delicados e de grande porte tem sido vitimados por instalações elétricas defeituosas. Por sua vez, as próprias Universidades raras vezes possuem um corpo técnico capaz de equacionar e resolver estes problemas que exigem de engenharia especializada e de normas de segurança rígidas. As próprias condições climáticas de grande parte país tornam essencial a instalação de condicionadores de ar nos laboratórios de instrumentação. A experiência revela que nas instituições de menor porte os prédios normalmente não estão dimensionadas para este fim.

As mesmas críticas podem ser dirigidas com relação as instalações básicas nos laboratórios. A inexistência de capelas adequadas, mesmo para trabalhos rotineiros, é comum e freqüente obrigando aos pesquisadores em muitos casos a importação de capelas portáteis para aplicações mais delicadas.

As normas de segurança dos laboratórios de pesquisa são precárias. São poucos os laboratórios de Universidades que tem recebido uma atenção mais esmerada neste aspecto. A remoção e tratamento de resíduos químicos e a recuperação e descarte de solventes são problemas diários nas Universidades que raras vezes tem condições de lidar diretamente com o problema pela ausência de rede de esgoto apropriada ou facilidades de incineração. As modificações estruturais necessárias nos locais de trabalho são difíceis de serem resolvidas. Soluções paliativas tem sido adotadas que resolvem às vezes as condições locais de um determinado laboratório. O investimento necessário para a recuperação, ou correção, das instalações elétricas e hidráulicas é indiscutivelmente elevado.Os laboratórios de diversos Institutos oficiais onde são desenvolvidos trabalhos químicos não diferem muito das Universidades, e em alguns casos são piores. A situação é especialmente contrastante quando comparada por exemplo com laboratórios associados a grandes empresas do setor químico (multinacionais em geral) para controle de qualidade ou desenvolvimento de produtos.

A expectativa dos órgãos de fomento de pesquisa de que as condições de infraestrutura são de responsabilidade da instituição hospedeira acaba sendo irreal na maioria dos casos. Excetuando algumas unidades mais privilegiadas, os laboratórios universitários não tem a menor condição de serem melhorados através de recursos orçamentários das universidades que pressupõe um patrimônio imobiliário sem depreciação.

Uma segunda componente a ser analisada se refere ao material e instrumental disponível para trabalhos de pesquisa. Neste ítem, as condições são mais muito diferenciadas dependendo da localização geográfica no país, e estão intimamente atreladas à capacidade de obtenção de recursos externos às instituições. O problema da disponibilidade de reagentes químicos continua sendo um entrave importante no desenvolvimento de projetos que afeta a flexibilidade para experimentar novas idéias ou de rotas alternativas. Se este problema pode ser sério mesmo em São Paulo e Rio de Janeiro, a situação se torna crítica nos locais mais afastados. O funcionamento de SARDI nos últimos anos representou uma abertura importante que aliviou muitos grupos de pesquisa em determinado momento. A pesar do grande avanço havido no Brasil com relação à importação, os pesquisadores ainda tem se queixado constantemente da ausência de mecanismos que permitam a aquisição rápida de reagentes no exterior. Este assunto é tão antigo que às vezes é possível concluir que o país simplesmente não quer resolver os seus problemas mais simples. Como explicar que órgãos do governo financiam pesquisas, consideradas de interesse para o país, com dinheiro público para serem inviabilizados por disposições burocráticas de outras agências estatais?!!!

A disponibilidade de reagentes químicos no mercado nacional é muito limitada e de qualidade discutível. Excluindo a reembalagem de produtos importados, cujos preços são abusivos, o teor das impurezas de solventes nacionais é em geral muito elevado. Até os gases industriais fabricados por subsidiárias de multinacionais especializadas nesta área não se comparam aos produtos existentes para pesquisa nos países mais avançados. Um caso típico é o nitrogênio usado de maneira corriqueira nos laboratórios de pesquisa. A experiência acumulada em diversos laboratórios é que mesmo o nitrogênio de melhor qualidade (de acordo com o fabricante) possui teores de umidade muito acima das especificações internacionais e comprometem preparações que requerem atmosfera inerte.

As condições da vidraria para laboratório não são muito diferentes. Houve evidentemente um progresso importante na evolução da indústria nacional (entenda-se como fabricada no Brasil mesmo que seja por subsidiária de multinacional) e na variedade de produtos disponíveis. Contudo, a qualidade é regular e a diversidade pequena. É comum por exemplo adquirir juntas de vidro esmerilhado que apresentam uma incidência elevada de encaixes defeituosos.

A disponibilidade de instrumentação moderna teve uma melhoria substancial nestes últimos anos. Os auxílio concedidos com recursos oriundos do PADCT, e no caso do Estado de São Paulo da FAPESP através dos auxílios temáticos e projetos especiais, resultaram em inovações importantes em muitos laboratórios. De fato, vários dos laboratórios de pesquisa no Estado de São Paulo contam com instrumental perfeitamente compatível e até superior àquele existente em muitas instituições medianas em países avançados. É verdade que os recursos para operar este instrumental não estejam na proporção necessária. Em contrapartida, a penúria que caracterizou o CNPq e a FINEP desde 1990, e a nível estadual a FAPERJ, penalizou seriamente aos grupos que não tiveram aceso aos mecanismos mencionados. Um fato surpreendente das estatísticas publicadas na referência [3] foi o ítem “disponibilidade de equipamento” ter sido considerado como o maior entrave a nível de infraestrutura em termos percentuais por pesquisadores da região Sul do país.

O progresso mais importante na área instrumental foi obtido em espectrômetros de ressonância magnética nuclear, espectrômetros infravermelhos e em menor escala em espectrômetros de massa que aliviaram uma demanda reprimida para fins analíticos. As facilidades para difração de raios-X continuam essencialmente limitadas a São Carlos havendo uma real necessidade de expansão de instrumental e de pessoal nesta área como apontado anteriormente.

Em resumo, o conjunto destes fatores revela que o fator infraestrutura (física e instrumental) apresenta enormes diferenças no Brasil conforme o local. Nos casos mais favoráveis, as instalações básicas existentes nos laboratórios permitem concluir que é possível realizar no Brasil trabalhos de pesquisa em algumas áreas em condições competitivas com centros no exterior. Esta afirmação logicamente não pretende comparar ou levianamente nivelar instalações e capital humano existentes em instituições como a UNICAMP ou USP com os grandes centros de excelência de Química (usando como referência instituições como o CalTech, Stanford, Berkeley, Harvard, MIT, Toronto, Oxford, Cambridge, Zürich, Göttingen, etc.). Um índice importante do grau de apoio que grupos de pesquisa podem receber atualmente é o fato da FAPESP no Estado de São Paulo ter conseguido atender em anos recentes aproximadamente 70% (das solicitações de auxílio mas não dos recursos solicitados) da demanda dos pesquisadores em Química. Este é um número extremamente elevado quando comparado com agências de fomento nos países tidos como cientificamente de vanguarda mesmo se o auxílio típico seja relativamente modesto.

O crescimento vertiginoso da instrumentação utilizada em pesquisa, e o acoplamento a sistemas de aquisição de dados ou a microcomputadores que gerenciam o instrumento tornaram a aquisição de instrumentos de pesquisa uma decisão estratégica importante para pesquisadores no país com reflexos indiretos na infraestrutura. A demora natural que ocorre no processo de consulta ao fabricante, na solicitação de recursos, na aprovação, liberação e finalmente importação, resultam na aquisição de modelos que em muitas circunstâncias já se encontram quase em vias de obsolescência. O custo destes equipamentos também é freqüentemente consideravelmente superior àquele pago por universidades dos países "consumidores" de instrumentos. Há pouco poder de barganha do pesquisador brasileiro para adquirir o instrumento devido ao pequeno mercado que o Brasil representa nesta área e pela pouca predisposição do fornecedor em utilizar um laboratório no Brasil com centro de desenvolvimento para o instrumento ou a técnica. Em resumo, o Brasil está pagando um preço relativamente caro pela instrumentação científica. Por outra parte, os "softwares" que comandam os instrumentos não são necessariamente de modificação trivial além de esbarrar em problemas delicados que infringem direitos de propriedade intelectual.

A físico-química experimental de grande porte, e indiretamente o desenvolvimento de metodologia analítica, é uma área que tem encontrado algumas dificuldades de expansão. A ênfase exagerada dos editais do PADCT em instrumentação de uso comum, endossada inclusive por boa parcela da comunidade química, ignora completamente a problemática de grupos preocupados com experiências que implicam no desenvolvimento de protótipos e na construção de equipamentos que embora acoplados a unidades comerciais devem trabalhar de maneira dedicada nas experiências. Em muitas situações, o instrumental necessário e a filosofia deste instrumental se aproxima mais daquilo que é utilizado na Física ou até em algumas das Engenharias. O investimento necessário para este tipo de experiências é elevado já que experiências típicas de dinâmica química, ou de espectroscopia atual requerem em geral lasers ultra-rápidos, detectores especiais, mecânica de precisão e eletrônica digital sofisticada. Nestas áreas, o país definitivamente não tem condições de produzir no momento trabalhos de pesquisas competitivos a nível internacional.

A manutenção dos instrumentos é um problema agudo no setor de Química. O sub-programa de Manutenção do PADCT foi inócuo neste sentido e até ingénuo na sua concepção. É raro encontrar pessoal qualificado nos Institutos ou Departamentos de Química capaz de lidar com reparos dos mais simples. Por outra parte, a arquitetura dos instrumentos comerciais atuais requer quase que invariavelmente a manutenção por parte de firma qualificada, ou teoricamente pelo representante local do fabricante. Contratos de manutenção são ainda mais raros devido ao seu custo elevado e a falta de tradição na orçamentação para este fim. Contudo, a questão da manutenção não é apenas um problema orçamentário já que são poucas as empresas que mantém técnicos qualificados no país para dar atendimento aos instrumentos. De fato, a atitude que vários fabricantes de instrumentos do exterior adotam com relação aos instrumentos em operação no Brasil está longe de ser muito profissional.

A ausência de serviços confiáveis de manutenção, seja a nível institucional como empresarial, e de orçamentação ou previsão orçamentária apropriada é agravada ainda pela ausência de serviços qualificados mais modestos mas mesmo assim necessários em laboratórios de pesquisa. A necessidade de oficinas de vidraria, de mecânica e de eletrônica são atualmente consideradas fundamentais para qualquer trabalho em Química. Além das dificuldades de encontrar pessoal qualificado para este fim, as Universidades ou centros de pesquisa não possuem em geral uma estrutura salarial ou profissional que permita manter técnicos de nível elevado salvo em casos excepcionais. A infraestrutura de oficinas mecânica e eletrônica existentes na área de Química são uniformemente ruins e inexistentes na maioria dos casos.

O isolamento científico dos pesquisadores no Brasil, na área da Química como em outras áreas, torna o acesso à bibliotecas um assunto da maior importância. De fato, a pesquisa no Brasil exige do pesquisador um tempo razoável de busca bibliográfica. Poucos são os grupos de pesquisa que podem se vangloriar de estar na “crista da onda” e fazer parte do círculo privilegiado onde as informações circulam rapidamente entre os laboratórios. A situação das bibliotecas de Química teve uma melhoria substancial a partir do PRONAQ, e teve uma continuidade importante no PADCT. A Biblioteca do Instituto de Química da USP foi designada como biblioteca de referência na área de Química, e a pesar de algumas lacunas e das dificuldades em acompanhar o surgimento de novos periódicos, esta biblioteca tem tido condições de prestar um serviço a nível nacional. Entretanto, há necessidade urgente de informatizar o sistema de consulta, ou a recuperação rápida de bibliografia. Grande número das instituições de pesquisa contam ainda com recursos bibliográficos extremamente precários, como no caso do Norte e Nordeste do Brasil, e dependem de acesso fácil aos centros de referência. A situação no Estado de São Paulo pode ser considerada satisfatória atualmente já que tanto a USP (nos seus diversos Departamentos, Institutos e campi), UNICAMP e UNESP possuem bons recursos nesta área. A Universidade de Brasília também tem sido contemplada de maneira adequada além de contar com os recursos bibliográficos da EMBRAPA. O problema básico das bibliotecas permanece na incerteza anual de saber se os recursos orçamentários estão garantidos para esse fim. A rapidez com que novos conhecimentos são gerados, e a evolução e os avanços significativos nos sistemas de informação implicam de que a curto prazo haverá necessidade de novos investimentos na área de bibliotecas.

Um outro fator que é apontado freqüentemente como um empecilho para o trabalho de pesquisa em Química nas Universidades é a elevada carga horária do seu corpo docente. De fato, é possível constatar que o corpo docente de Química, na maioria das Universidades brasileiras, tem obrigações didáticas muito acima de outras unidades universitárias, e muito acima de suas congêneres nos países avançados, devido ao número de horas dedicadas ao trabalho experimental.

5. AVALIAÇÃO CRÍTICA DO ESTADO DA ARTE DA QUÍMICA NO BRASIL

Uma série de indicadores quantitativos aponta para um progresso qualitativo e quantitativo indiscutível na área de Química no Brasil. Esta tendência é particularmente visível a partir dos dados colhidos junto aos Cursos de Pós-Graduação e pelo número de participantes em eventos científicos e técnicos realizados no país, e comparando com o panorama descrito no documento de Avaliação e Perspectivas da Área de Química em 1982 [2].

A Tabela 1 reflete a tendência observada nos relatórios consolidados da CAPES para a área de Química. Foram relacionados para fins de comparação o número de Cursos de PG credenciados pela CAPES, o número de docentes com titulação de Doutor nestes programas, ou equivalente (antigo Livre Docente), alunos de Mestrado e de Doutorado matriculados na data de encerramento do período avaliado, o número de teses de mestrado e doutorado defendidas no período, o número de publicações em revistas nacionais e internacionais, e o número de comunicações apresentadas em Congressos nacionais e internacionais. Os relatórios refletem biénios, exceto no caso da coluna 87-89 que reflete os dados acumulados num período de 3 anos [4,5].

TABELA 1

ANO	**83-84**	**85-86**	**87-89**	**90-91**
Cursos de PG	24	31	34	35
Alunos de Mest	599	813	1115	1204
Alunos de Dout	276	336	545	795
Teses de Mest	226	212	411	476
Teses de Dout	75	81	109	153
Publicações Nac.	119	152	368	320
Publicações Int.	358	427	830	710
Comunic.Cong. N	1282	1738	3414	3168
Comunic.Cong. I	251	248	537	544
Docentes com D	334	395	516	590

Os números que constam da Tabela 1 podem ser acrescentados com dados adicionais das áreas correlatas. Assim, a Engenharia Química conta atualmente com 9 Cursos de Mestrado e 4 de Doutorado, enquanto que na área de Farmácia existem 10 Cursos a nível de Mestrado e 4 de Doutoramento sendo que alguns destes cursos estão dirigidos mais especificamente as áreas de análises clínicas e toxicológicas. Na Tabela 1, não houve separação dos de Cursos de Mestrado e de Doutorado para uma mesma instituição.

A evolução sob qualquer aspecto deve ser considerada como excepcional para um país como o Brasil onde os dados do PIB nos últimos anos apontam para um crescimento econômico nulo ou até negativo. Assim, no prazo de 9 anos (Tabela 1), o número de teses de Mestrado e de Doutorado em Química teve um crescimento altamente expressivo (duplicou) no Brasil. Este crescimento da pós-graduação pode ser creditado com um fator de qualidade que transcende apenas a titulação. De fato, o número de publicações resultantes dos Cursos de Pós-Graduação acompanha claramente a mesma tendência quantitativa das teses e dissertações.

A coerência dos números é também reforçada pela participação e apresentações em Congressos. O aumento no número das comunicações em eventos internacionais segue também rigorosamente o crescimento da produção científica dos cursos de pós-graduação. Este dado é particularmente interessante já que a participação em Congressos desta natureza requer invariavelmente o apoio de agências de financiamento à pesquisa para custeio de passagens, taxas e diárias. A nível nacional, observa-se um crescimento expressivo de participantes nas reuniões anuais da Sociedade Brasileira de Química, a partir da transferência para Caxambu como local fixo, e da Associação Brasileira de Química. Estas reuniões, onde evidentemente a qualidade das apresentações ainda é muito variável, tem sido bem sucedidas em atrair conferencistas convidados de renome internacional proporcionando uma oportunidade especial para que pesquisadores brasileiros possam tomar contato com lideranças científicas importantes. Outras reuniões a nível nacional, de caráter mais especializado, também são reconhecidas como foros importantes de divulgação de idéias e resultados. Nesta categoria incluem-se as Conferências de Físico-Química Orgânica, os Simpósios de Eletroquímica e Eletroanalítica (SIBEE), Simpósios de Química Teórica, e os Encontros de Síntese Orgânica, de Química Inorgânica, de Química Analítica e Regionais da SBQ. Cabe também ressaltar a realização de reuniões de caráter mais tecnológico como aquelas organizadas pela Associação Brasileira de Tintas que congrega grande número de participantes, e que começa a atrair pesquisadores do setor acadêmico como convidados.

Este nível de atividade tem resultado numa auto-avaliação muito favorável pela própria comunidade interna de Química. Assim, 7 Cursos de Doutorado, em alguma modalidade de Química, e 2 de Engenharia Química são considerados como de qualidade excelente na classificação da CAPES (nível A). Esta avaliação tem gerado a convicção firme (discutível na opinião deste autor) de que a concessão de bolsas de doutoramento no exterior, ou a realização de curso de doutorado no exterior, só se justificariam quando envolvem assuntos de interesse excepcional, ou onde inexiste ainda competência estabelecida no Brasil. Esta atitude é significativamente diferente daquela que prevaleceu na Física durante muitos anos e que é considerada como responsável pelo patamar de qualidade atingido por essa área. A classificação dos bolsistas de pesquisa do CNPq também reflete um conceito interno de excelência já que atualmente existem 42 pesquisadores na área de Química e 6 na Engenharia Química na categoria máxima (1 A).

Uma perspectiva menos favorável sobre a evolução da produção científica da Química é obtida a partir dos dados coletados recentemente por Cagnin [6,7]. Um levantamento realizado do número de publicações de autores brasileiros na área de Química em periódicos arrolados pelo Chemical Abstracts revela a produção científica indicada na Tabela 2 (artigos em revista, atas de congressos e simpósios, relatos técnicos e livros) para o período de 1973 a 1990.

Tabela 2
Número de publicações brasileiras indexadas no Chemical Abstracts

	73	74	75	76	77	78	79	80	81
Total	965	1057	1072	1315	1379	1497	1716	1650	1582
	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Total	1041	1534	1842	1512	1492	1514	1556	1532	1312

Os números acima incluem um espectro amplo de publicações. Por exemplo, as áreas de Bioquímica e Agroquímica que são varridas pelo Chemical Abstracts, e que não fazem parte da Tabela 1, são responsáveis por aproximadamente 40% do total anual. Da mesma maneira, existe uma participação significativa de publicações cuja origem está vinculada a instituições da área de Física. Entretanto, os números acima não discriminam entre universidades, institutos de pesquisa ou de desenvolvimento, e empresas privadas.

Ao contrário da tendência observada nos Cursos de Pós-Graduação, os dados da Tabela 2 indicam um crescimento significativo na década de 70 mas uma estagnação no volume de conhecimento em Química produzido no país a partir de 1980, já que o número de publicações permaneceu essencialmente constante. A verificação de certos detalhes surpreendentes deste levantamento indicam de que os números da Tabela 2 devem ser analisados sob um prisma mais preciso como já feito para o período de 1972 a 1981[6]. Por exemplo, a sub-área com maior número de trabalhos anuais no período de 1982 a 1990 é consistentemente a Química Nuclear conforme a classificação do Chemical Abstracts, uma especialidade justamente tida como pouco desenvolvida no Brasil. A segunda especialidade é a de Espectroscopia, e estas duas categorias aparecem muito na frente da Química Orgânica. Como as duas primeiras áreas consideradas mais produtivas reúnem grande número de trabalhos da área de Física, torna-se complexa a tarefa de interpretar estes dados sem uma separação mais adequada. Este tipo de observação nos leva a considerar que os dados numéricos que constam da Tabela 2 não são tão significativos como aqueles da Tabela 1 para medir o progresso da Química no país.

Outros dados de caráter puramente numérico servem para situar melhor os dados que constam das Tabelas 1 e 2. Estima-se que nos Estados Unidos a quantidade de Doutores (Ph.D.) em Química formados por ano esteja próximo a 1.500, enquanto que no Brasil este número devera ultrapassar os 100 neste ano. Um outro dado comparativo indica de que só na área de Química Orgânica da Inglaterra são produzidos nos dias de hoje aproximadamente 4800 publicações por ano, ou quase dez vezes mais do que os últimos números obtidos para toda a pós-graduação em Química do Brasil. Estima-se ainda que existem 900 doutores em Química em todo o Brasil enquanto que nos Estados Unidos, em 1981, o número de doutores em Química já superava 45.000. Estes números indicam claramente de que apesar do progresso acelerado observado na pós-graduação e na geração de novos conhecimentos, o Brasil se encontra ainda muito longe dos países mais avançados na densidade de cientistas dedicados a área de Química. Este panorama só poderá ser mudado dentro de uma geração quando os números podem atingir proporções compatíveis com a população e a própria dimensão da economia brasileira. Entretanto, a tendência projetada por estas mesmas estatísticas colocam o Brasil numa posição de destaque em comparação com outros países latinoamericanos. Já na área de Engenharia Química, estima-se que a produção científica do Brasil ainda é inferior a da Argentina.

A descrição das principais linhas de pesquisa da Química e da infraestrutura para a pesquisa já apontaram diferenças regionais importantes no Brasil. A capacitação docente foi mais intensa e mais rápida na região Sudeste que também se beneficiou de recursos materiais que permitiram um leque amplo de programas de Química e maior possibilidades de inovação. Entretanto, grandes etapas podem ser vencidas com a fixação de bons pesquisadores trabalhando em áreas afins como ocorreu na área de Produtos Naturais no Ceará, na Química Teórica e Espectroscopia no Recife, e na Físico-Química Orgânica em Florianópolis. Este núcleos conseguiram a curto prazo criar ilhas de excelência. O programa PICD foi fundamental na capacitação do corpo docente de muitas instituições brasileiras mas a implantação de linhas de pesquisa em universidades com recursos parcos não tem sido uma tarefa fácil nestes últimos anos.

Qual o nível dos pesquisadores formados no Brasil e atuantes no panorama científico? Uma resposta e uma avaliação deste tipo deve ser coerente com o número de pesquisadores ainda reduzido para tecer estatísticas e com as próprias condições de trabalho. A Química do Brasil, e como conseqüência os seus pesquisadores, sofre de um isolamento científico natural por sua situação geográfica que obriga a manutenção de programas ativos de intercâmbio e estágios em centros no exterior. O desempenho dos estagiários no exterior, especialmente a nível de pós-doutoramento tem sido razoável e tem ajudado na abertura de novas linhas de pesquisa. Embora não seja possível ter uma idéia exata da percentagem de cientistas ativos em Química cuja formação foi realizada inteiramente no exterior comparados com aqueles formados no Brasil, uma visão da própria comunidade nacional é extremamente indicativa. Conforme relatado por Meneghini [8], dos 30 cientistas químicos do país apontados entre os de melhor desempenho apenas 3 obtiveram o doutoramento no exterior e os 3 são estrangeiros que migraram para o Brasil. Em compensação, apenas um dos 26 brasileiros citados na lista não realizou estágio de pós-doutoramento no exterior. Embora uma interpretação global destes dados deva incluir fatores sociológicos, é interessante notar que foi justamente este perfil (preferência pela formação no país) que levou a Química a ser considerada um pouco “provinciana” quando comparada com a Física e a Matemática.

Um fator interessante no Brasil, e que talvez não seja característica apenas da área de Química, é o fato de que até recentemente o país absorvia com certa facilidade o contingente de pós-graduandos em Química. A expansão e o aprimoramento do corpo docente das Universidades foi responsável pelas oportunidades para fixar os elementos formados na pós-graduação. Ao contrário de países vizinhos, a Argentina por exemplo, até hoje houve pouca evasão de talentos para os países considerados na ponta da ciência. Embora isto às vezes possa refletir negativamente na qualidade do material humano do país, a existência de oportunidades no Brasil deve ser considerada como a razão principal. Entretanto, esta tendência pode mudar a curto prazo na medida que mais pessoas são treinadas fora do país, e no retorno encontram dificuldades de iniciar uma linha de pesquisa devido a problemas de infraestrutura, de oportunidades no setor acadêmico ou industrial, ou simplesmente por falta de apoio para pesquisa. É bom colocar este alerta já que embora as condições no exterior no momento também não sejam muito favoráveis para a Química, mudanças rápidas poderão surgir a curto prazo.

Um segundo indicador, também difícil de ser quantificado, se refere a originalidade das linhas de pesquisa em Química. A transmissão rápida de conhecimento a nível internacional faz com que poucas idéias possam ser consideradas como de domínio privado de um grupo de pesquisas atualmente. A grande maioria dos trabalhos e das linhas de pesquisa desenvolvidos no Brasil se enquadram em maior ou menor escala em tendências mundiais e quase a reboque das mesmas. Olhado sob esse prisma, é difícil encontrar linhas de pesquisa que tendo se originado no Brasil sejam atualmente consideradas de grande atualidade ou de ter aberto novas perspectivas significativas no campo da Química. A Química de Produtos Naturais possui uma veia de originalidade decorrente da própria natureza do material utilizado ser local. Entretanto, o crescimento do trabalho puramente sistemático acabou prejudicando a criatividade e as possibilidades de inovação. Um outro exemplo interessante vem dos trabalhos pioneiros realizados na década de 50 em São Paulo sobre compostos orgânicos de telúrio, considerados uma curiosidade naquela época. Vinte anos mais tarde, este tópico virou uma área muito ativa e de grande aplicação como reagentes em sínteses orgânicas. A baixa densidade de pesquisadores existentes no Brasil na época, e os recursos instrumentais relativamente precários existentes em 1970, prejudicaram a retomada deste campo a nível local onde existe apreciável “know-how” local no assunto. Mais recentemente, dois tópicos bastante originais que tiveram boa seqüência foram os fenômenos associados com osmossedimentação induzida por gravidade e o modelo desenvolvido para explicar a troca de íons ocorrendo na interface de soluções micelares.

Critérios mais gerais que podem ser utilizados para verificar a qualidade da produção científica da Química brasileira tem a ver com a frequência de publicações em periódicos de impacto elevado e com índice de citações. De maneira geral, observa-se que a contribuição brasileira nas revistas de química consideradas como de maior impacto e de caráter geral, tais como Journal of the American Chemical Society e Angewandte Chemie, é inexpressiva, e até nula em alguns anos. Esta estatística não pode ignorar entretanto que o rigor editorial em revistas desta natureza, para trabalhos procedentes de instituições ou de autores externos aos grupos mais conhecidos, beira freqüentemente o prejulgamento e o preconceito. Por outra parte, a baixa produtividade nestes periódicos pode refletir a preferência de autores brasileiros por periódicos mais especializados mas também altamente conceituados. Assim, contribuições de autores brasileiros começam a se tornar rotineiras em revistas como Journal of Physical Chemistry, Journal of Organic Chemistry, Inorganic Chemistry, Journal of Chemical Physics, Chemical Physics Letters, Tetrahedron Letters, Langmuir, etc., a pesar do número ainda ser reduzido em função do contingente científico do país. Dados colhidos para o período de 1983-1985 confirmam claramente a tendência de que a produção científica em Química é predominantemente em periódicos internacionais e em revistas com razoável índice de impacto [9].

A participação brasileira em congressos internacionais de Química foi salientada nos números obtidos pela CAPES. Entretanto, são ainda raros os casos em que pesquisadores brasileiros são convidados como conferencistas plenários nas grandes conferências internacionais. Os poucos casos registrados revelam uma tendência importante de progresso especialmente quando comparado com vinte anos atrás onde a presença de um conferencista convidado do Brasil seria uma raridade, mesmo levando em conta o maior número de eventos científicos na atualidade. O mesmo comentário poderia ser feito com relação ao número de pesquisadores brasileiros convidados como professores visitantes, ou a proferir seminários em instituições de grande renome. Diversos aspectos devem ser considerados aqui para não tecer um panorama sombrio: o problema do isolamento científico que torna o trabalho do pesquisador brasileiro menos conhecido, e as vezes até dificuldades com línguas estrangeiras acabam coibindo uma maior presença de pesquisadores brasileiros.

Em resumo, há um crescimento de produção científica de qualidade no país indicando de que o nível científico do país aumentou expressivamente. O mesmo comentário pode ser feito com relação aos projetos submetidos para análise pelos órgãos de fomento. Houve um aumento na demanda de qualidade embora muitas das propostas ainda tenham pouco caráter inovador para um país jovem como o Brasil que deveria já ter uma maior independência científica. O exemplo dado pela Academia do Terceiro Mundo através da concessão do Prémio de Química ao Professor Otto R. Gottlieb indica que este tipo de reconhecimento poderá se tornar mais freqüente no futuro e poderá fazer justiça a outros pesquisadores que tem atingido destaque internacional..

6. INTERAÇÃO DA PESQUISA EM QUÍMICA NO BRASIL COM O SETOR PRODUTIVO

Uma das medidas de progresso de um país é a capacidade de desenvolvimento tecnológico e o uso da tecnologia para a melhoria das condições de vida de sua população. Este desenvolvimento tecnológico pode ser obtido através do aproveitamento dos conhecimentos gerados no país ou pela adaptação de conhecimentos obtidos em outros países e que são de livre divulgação. No caso da Química, há enormes expectativas no Brasil de que a ciência básica, e a pesquisa realizada nas universidades, possa reverter em avanços significativos no desenvolvimento tecnológico do país e no setor produtivo em particular. Entretanto, esta realidade está longe de ser realizada por uma série de fatores que devem ser apontados para equacionar corretamente a atuação da Química no país.

Em linhas gerais, as Universidades tem assumido um papel importante em suprir o setor produtivo com recursos humanos, a nível de graduação, nas áreas de Química, Engenharia Química e Farmácia. A formação básica oferecida nas Universidades acompanhada de treinamento específico nas empresas deu a tônica do modelo industrial brasileiro dos anos 60 e 70 e contribui como alicerce do parque industrial brasileiro. A introdução da pós-graduação nas Universidades, visava um horizonte mais ambicioso, ou seja a capacitação de recursos humanos num nível superior através da realização de projetos de pesquisa de caráter original. A pós-graduação promove o avanço da Química no Brasil em duas vertentes: 1) treinamento de cientistas através de uma disciplina rigorosa onde a criatividade, o poder de inovação e o espírito crítico são estimulados e aliados a um treinamento em teorias e técnicas modernas; 2) avanço de conhecimentos básicos ou aplicados em determinadas áreas. As linhas de pesquisa introduzidas nas Universidades na sua grande maioria tem como temas considerados relevantes, ou pelo menos assim julgados pelo orientador da pesquisa, na ciência que não reconhece fronteiras de países. Entretanto, não há como reconhecer que a ciência dita de vanguarda sofre também forte impacto das diretrizes científicas traçadas atualmente nos países mais avançados já que os recursos para pesquisa são alocados conforme linhas temáticas preferenciais. No Brasil, a definição tem sido tênue mesmo na área de Produtos Naturais, onde a matéria prima objeto de estudo é nativa ao país, o caminho a ser seguido não é imune a demanda e o interesse criado pela ciência a nível internacional.

O próprio modelo da pós-graduação, orientado para a formação de recursos humanos, faz com que a pesquisa realizada na Universidade tenha características nitidamente horizontais. Não existem grupos de pesquisa no Brasil, ou instituições que tenham infraestrutura para produzir pesquisas de integração vertical. O ambiente de liberdade acadêmica reinante nas instituições universitárias levanta sérias dúvidas se tal estrutura é possível ou até desejável dentro das Universidades brasileiras. Assim, os resultados da pesquisa nas Universidades acaba sendo atualmente um subproduto da formação de pessoal qualificado. Esta atitude difere significativamente daquela que é possível ter em Institutos de pesquisa ou de desenvolvimento onde os objetivos e a hierarquia estão bem estabelecidos e onde há possibilidades de uma verticalização significativa da pesquisa. Um exemplo deste tipo de estrutura são os Institutos ligados a Academia de Ciências da antiga União Soviética e dos países do Leste Europeu que congregam grande número de pesquisadores em torno de um determinado assunto visando um objetivo comum.

Por sua vez, empresas do setor químico e farmacêutico no Brasil adotaram um modelo inicial de importação de tecnologia, essencial para a implantação rápida de uma indústria de base. Entretanto, quase nenhuma delas ostenta poder de inovação já que não possuem uma estrutura dirigida para o desenvolvimento de produtos e processos a longo prazo. As próprias multinacionais dependem neste sentido de iniciativas da matriz. Obviamente, as incertezas econômicas havidas no país certamente não estimulam um planejamento deste tipo, e as empresas supranacionais acabam favorecendo uma concentração das ações de desenvolvimento nos países avançados onde há um controle mais eficiente dos parâmetros envolvidos num planejamento a longo prazo. As empresas nacionais, por sua vez, trabalham com um horizonte de curtíssimo prazo e com a filosofia de manter um mínimo de investimento na área de pesquisa e desenvolvimento. Algumas raras exceções podem ser encontradas mas constituem uma verdadeira minoria aquelas que possuem um empresariado suficientemente esclarecido para saber o que está envolvido em programas de P e D. Contudo, os problemas na área da Química começam a se avolumar e exigem algum tipo de atividade sinergística.

Nos últimos anos, cresceu a idéia, ou a expectativa, de que os laboratórios de pesquisa das Universidades pudessem atuar em determinadas instâncias como centros de P e D para as empresas em problemas específicos. Esta idéia tem tido uma aceitação e uma operacionalização muito lenta e é discutível se esta iniciativa é viável. Do lado das Universidades, a demanda vinda das empresas freqüentemente envolve desde simples adaptação de processos conhecidos que não encontram a motivação adequada por parte dos pesquisadores mais criativos até especialidades não sempre disponíveis nas universidades. Um redirecionamento para atender problemas a curto prazo é questionado nas universidades que não percebem um retorno científico significativo neste intercâmbio. A estrutura hierárquica, ou a ausência dela, nas universidades e o sistema de promoção dentro das Universidades também não favorece este tipo de atuação. Uma receptividade maior a este tipo de interação tem ocorrido na área de Engenharia Química e da própria Química Farmacêutica que tem se mostrado mais adepta a atuar num regime de contratação de serviços ou da pesquisa denominada “sob encomenda”.

A evolução da Química no setor industrial revela que as grandes companhias a nível mundial investem maciçamente nos seus programas de desenvolvimento e no recrutamento de talentos para este fim. As universidades mantém como objetivo básico preparar cientistas bem treinados para atuar no setor privado como no setor oficial e como tal devem ser julgadas e avaliadas. Uma visão clara da maneira como a pesquisa aplicada, ou aquela que tem a ver diretamente com o desenvolvimento de produtos em empresas, funciona e sua relação com mercado, pesquisa básica, meio ambiente e legislação é ilustrado brilhantemente em publicação recente sobre a trajetória da BASF [10]. O modelo descrito neste artigo deve servir para orientar a relação entre pesquisa básica e pesquisa aplicada.

A absorção dos recursos humanos oriundos da pós-graduação pela indústria química brasileira ainda é muito tímida, e os planos para atividades de P e D nas indústrias um engajamento deste tipo tem sido seriamente prejudicado pela situação conjuntural do país. Uma alternativa que parece mais eficiente é o repasse de tecnologia através de uma empresa suficientemente sofisticada par atuar como interface entre indústria e o meio acadêmico. O exemplo ou modelo oferecido pela CODETEC representa uma maneira interessante de combinar conhecimento científico, com formação de equipe multidisciplinar e uma administração de características empresariais para repasse de tecnologia ao setor industrial dentro do panorama local.

A médio prazo, o crescimento de recursos humanos vindos da pós-graduação poderá resultar na formação de pequenas empresas de alta tecnologia capazes de fazer a ponte entre Universidade e indústrias. Entendemos que este é o caminho correto se houver condições de financiamento e capital de risco para que pequenas empresas desta natureza possam surgir no cenário brasileiro.

É também duvidoso no momento que qualquer desenvolvimento significativo nas Universidades encontre parceria a nível industrial. Por exemplo, no setor farmacêutico no Brasil, não existe tradição formada para o desenvolvimento e triagem de novos medicamentos. Uma situação semelhante poderia ser extrapolada para a área de especialidades químicas já que a demanda na área de Química Fina está atrelada a produtos que não contém elevada dose de inovação.

O tipo de interação entre universidade e setor produtivo está restrito por enquanto a pequenos serviços de consultoria em áreas onde há interesse mútuo e competência para este fim. O treinamento de pessoal do setor produtivo em técnicas modernas também constitui uma contribuição positiva neste sentido.

Em resumo, as Universidades tem crescido na oferta de pessoal qualificado para uma química mais avançada no país e tem contribuído para a abertura de novos conhecimentos. A demanda do setor produtivo tem sido majoritariamente sobre aspectos muito específicos e de maturação a curtíssimo prazo que só podem ser resolvidos em estruturas montadas nas próprias empresas ou em instituições especializadas para esse fim. A transformação das universidades em empresas de consultoria seria um grave erro para o futuro do Brasil. Entretanto, as dúvidas sobre a capacidade nacional de transformar conhecimentos originais em tecnologia de ponta é um assunto que ainda está em consideração e que merece atenção nas ações a serem desenvolvidas e nas metas a serem atingidas.

7. PLANOS DE AÇÃO PARA A QUÍMICA

As propostas orçamentárias para 1993 apresentada pelos setores responsáveis pela Química, Engenharia Química e Química Farmacêutica (Programa de Farmácia) do CNPq contém uma exposição de motivos e um retrato muito preciso da situação atual destas áreas. A ênfase principal destes programas continua sendo na necessidade de incrementar a formação de recursos humanos tentando atingir metas a curto prazo. Por exemplo, o documento do CNPq explicita que apenas para atender o meio acadêmico seria necessário triplicar o número de doutores em Química no país. Embora esta afirmação seja questionável, não há dúvidas de que o programa de bolsas em todos os setores de Química tem proporcionado uma base sólida para o crescimento da área.

A programação de bolsas das diversas modalidades (pesquisa, pós-doutorado, apoio técnico e pesquisadores visitantes) para os próximos anos prevê um crescimento entre 10 a 15% ao ano com destaque especial para bolsas de doutorado no país. Este valor é bastante realista mas deve estar atrelado às reais condições de financiamento da pesquisa. Um mero aumento do número de bolsas sem a devida contrapartida para material e instrumental levaria a uma inevitável queda de nível. Estes números devem ser considerados com mais atenção.

O custo do treinamento de alunos de doutorado no exterior é extremamente alto da maneira como está sendo conduzido. Embora haja diferenças importantes de país para país, é sabido que nos Estados Unidos existem muitos mecanismos que são usados para sustentar os alunos de pós-graduação, mesmo os estrangeiros. A melhor prova disto é o grande número de estudantes de origem asiática que fazem pós-graduação nos Estados Unidos custeados pelas verbas de pesquisa dos Estados Unidos. Aqui se incluem especialmente grande número de estudantes vindos da China que não seriam necessariamente beneficiados por programas de intercâmbio. Em outras palavras, o incentivo para a pós-graduação no exterior deve consistir em passagem, treinamento eventual em língua estrangeira e algum tipo de apoio sem envolver o pagamento das taxas escolares que fazem parte integral do "pacote" oferecido para alunos de pós-graduação que se candidatam diretamente na instituição. As vantagens do treinamento em grandes centros ainda são enormes no sentido de expor o aluno às correntes científicas mais importantes da atualidade e conviver com cientistas destacados. O gerenciamento adequado de um programa deste tipo pode levar facilmente 50 alunos de doutorado para o exterior a um custo muito inferior àquele arcado atualmente pela CAPES e o CNPq. Este mesmo raciocínio não se aplica no caso das bolsas de pós-doutorado onde as oportunidades são muito mais reduzidas e onde de fato o país deve investir no seu próprio pessoal. Porém, neste nível é interessante ter alguma garantia que este treinamento esteja já vinculado ao programa de alguma instituição.

O fomento na área de bolsas de pesquisa e bolsas de apoio técnico se tornou essencial para contornar os efeitos perversos da situação salarial nas universidades e institutos de pesquisa. Contudo, a idéia de vincular estas bolsas a projetos de pesquisa com algum tipo de financiamento para o desenvolvimento do mesmo deve ser considerado essencial.

Finalmente, cabe explorar a situação existente no Leste Europeu e especificamente na Rússia. Existe uma grande competência científica instalada nesses países que se encontra em situação de falência total. A absorção de cientistas destes países através de um programa agressivo de recrutamento representaria uma acelerada importante na capacitação nacional. Algumas especialidades altamente cobiçadas no país, como catálise e química do estado sólido, estão altamente desenvolvidas nesses países e por cientistas acostumados a trabalhar em condições de infraestrutura que também não são ideais.

Entretanto, a maior preocupação atual está na indefinição de uma política de investimento em ciência e tecnologia. A concessão de bolsas e a expansão da pós-graduação seria até contraproducente se não houver uma estratégia bem definida com relação ao financiamento da pesquisa.

Em primeiro lugar, uma definição geral de metas é desejável. Apesar do número reduzido de pesquisadores em Química é necessário estabelecer algumas prioridades que permitam de fato orientar os trabalhos no país. Estas metas devem ser traçadas não apenas por cientistas mas por grupo de trabalho que deve incluir representantes do setor produtivo. Isto implicaria de que o ónus do desenvolvimento científico e tecnológico do país não pode ser apenas uma responsabilidade de órgãos governamentais já que os maiores beneficiários estão no setor privado. Algumas metas tem sido estabelecidas em anos anteriores através dos programas de RHAE que novamente contempla apenas bolsas de aperfeiçoamento e não recursos propriamente para execução de trabalhos. A programação existente para Química Fina e o baixo aproveitamento até hoje revelam no momento o pouco interesse a nível empresarial de assumir encargos de financiamento mesmo que a juros reduzidos. A definição de metas não deve prejudicar o apoio a ciência de boa qualidade mesmo que não esteja diretamente vinculada a estas metas mas deve servir para canalizar os esforços de cientistas para determinadas áreas de interesse.

O sistema de auxílios previstos deve incorporar algumas das modalidades pretendidas originalmente através dos auxílios integrados. Estes auxílio constituem um mecanismo mais interessante do que os laboratórios associados na situação atual do Brasil. Três sistemas de auxílios deveriam ser contemplados seguindo a linha que pretendeu-se atingir no PADCT:

1) Auxílios integrados válidos para 3 anos para os grupos já estabelecidos que funcionariam quase como laboratórios associados. Estes laboratórios deveriam ser avaliados com rigor por ocasião na renovação destes auxílios para aferir corretamente o desempenho dos mesmos. O montante necessário para a manutenção de laboratórios deste porte deve ter um piso mínimo equivalente a US$ 50.000 e deveria incluir a aquisição de instrumental, **manutenção** dos mesmos e insumos necessários para o desenvolvimento dos projetos. A escolha destes grupos deve estar vinculada a um claro reconhecimento de excelência manifestado através de publicações em revistas conceituadas e reconhecimento a nível internacional.

2) Auxílio para novos pesquisadores que apresentam propostas de elevada **originalidade** e que visem a implantação de novas linhas de pesquisa. Esta modalidade não deveria atender a solicitações que se dedicam a simples duplicação de linhas de pesquisa existente em centros já estabelecidos do país e deve ser avaliada rigorosamente se não estiver acompanhada de uma proposta que vise novos horizontes. O valor dos auxílios nesta categoria poderia se estabelecer em US$ 30.000 mas é difícil de ser estabelecido porque o capital inicial pode ser substancial em muitos casos.

3) Auxílios para atender a comunidade de pesquisadores que se encontram numa faixa intermediária entre os dois casos acima e que podem ter propostas de elevado valor científico.

Qualquer iniciativa para normalizar os recursos destinados aos projetos de pesquisa será frustrante se o problema das importações não fôr resolvida de maneira definitiva. Este problema que tem assolado pesquisadores no Brasil de longa data já teve uma melhoria substancial com a liberação das restrições gerais para a importação. Os possíveis mecanismos são tão simples de serem implantados de que é até embaraçoso imaginar porque esta situação perdura até hoje.

O apoio para infraestrutura e para melhoria das condições existentes nos diversos laboratórios deveria ser equacionada como um ítem com participação local dos Estados envolvidos. A infraestrutura necessária deveria ser resultante do apoio a nível de fundações estaduais e de empresas privadas, mesmo em universidades federais, que poderão se beneficiar de atividades desenvolvidas nestes centros de pesquisa.

Uma outra atividade que se reveste da maior importância é o apoio aos pesquisadores ,conforme a sua classificação, de participar em eventos científicos importantes no exterior acoplados a pequenos estágios (2 semanas) quando necessário pelo menos uma vez ao ano. O problema do isolamento científico apontado acima só pode ser vencido através de uma interação contínua e um grau de exposição maior dos trabalhos realizados no país.

A recuperação e renovação de Institutos de Pesquisa ou de Tecnologia tais como o IPT, o INT, o CEPED, o CETEC, o ITA, e o INPA devem ser considerados de grande importância para aspectos mais aplicados da Química. Estes Institutos devem ocupar um espaço que as universidades não tem vocação ou estrutura para atender e que constituem forte apoio para o setor produtivo. Da mesma maneira, a instalação de empresas de tecnologia de ponta deve ser estimulada através de incentivos para investimento de capital de risco.

Finalmente, é opinião deste autor de que uma coordenação a nível nacional para a área de Química seria desejável como mecanismo de acompanhar e gerenciar o desenvolvimento de programas desta natureza nos moldes que existem na NSF, no CNRS na França e no Conselho de Pesquisas da Itália. Esta coordenadoria deveria ser tipicamente por prazo de 3 anos e deveria fazer uso dos comités assessores para as decisões técnicas proporcionando aos comités informações obtidas “in loco” quando necessárias.

As condições no Brasil tem apresentado mudanças tão drásticas nos últimos anos que recomendações muito específicas se tornam desatualizadas rapidamente e inócuas se providências não forem tomadas imediatamente. Entretanto, o enorme esforço envidado pela nação para obter uma capacitação científica respeitável e os sinais de que esta capacitação tem chegado a um nível que permite prever um futuro otimista constituem a maior evidência de que o investimento que deve ser feito na ciência e na tecnologia do país redunda no benefício de toda a população.

8. BIBLIOGRAFIA

[1] P. R. Seidl, "Potencial de Pesquisa Química nas Universidades brasileiras", CETEM / CNPq, **1991**.

[2] W. R. Mors, em "Avaliação e Perspectivas. Ciências Exatas e da Terra. 8. Química" CNPq, **1982**.

[3] M. A. H. Cagnin, "Avaliação da Pesquisa e da Pós-Graduação em Química no Brasil: Comunidade Científica, Sistema de Pares e Indicadores Científicos", *Química Nova* **1993,** *16,* 161-171.

[4] "Pós-Graduação em Química e Farmácia: Sumário e Avaliação da CAPES-1991", *Química Nova* **1991**, *14,* 306-311.

[5] Os dados utilizados para estas tabelas foram gentilmente cedidos pelo Prof. Dr. Massayoshi Yoshida do Instituto de Química da Universidade de São Paulo que durante vários anos atuou das Comissões de Avaliação da CAPES.

[6] M. A. H. Cagnin, "O Desenvolvimento Regional e a Participação do Pesquisador Químico no Progresso da Química Brasileira", *Química Nova,* **1987,** *10,* 223-241.

[7] M. A. H. Cagnin, (a ser publicado).

[8] R. Meneghini, "Performance of Brazilian scientists with previous PhD training in Brazil and in developed countries. The case of chemists", *Ci. Cult.,* **1991,** *43,* 343-346.

[9] F. Spagnolo, "Brazilian Scientists' Publications and Mainstream Science: Some Policy Implication", *Scientometrics* **1990,** *18,* 205-218.

[10] H.-J. Quadbeck-Seeger, *Angew. Chem., Int. Ed. Eng.* **1990,** *29,* 1177-1188.